

13. Papich MG, Riviere JE. Fluoroquinolone antimicrobial drugs. In: Adams HR, editor. Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 8th ed. Ames: Iowa State University Press, 2001. p. 898-912.

14. Serovars of Salmonella isolated from Danish turkeys between 1995 and 2000 and their antimicrobial resistance / Pedersen K., Hansen H.C., Jorgensen J.C., Borck B. // Veter. Rec. – 2002. – Vol. 150, № 15. – P. 471–474.

Стаття надійшла до редакції 12.10.2015

УДК 619:614.7:613.165

**Висоцький А. О.**, к.вет.н., доцент, **Вороняк В. В.**, к.вет.н., доцент ©

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Львів, Україна*

### **ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВІТРЯ І ПОВЕРХОНЬ ОБ'ЄКТІВ ВЕТЕРИНАРНО-САНІТАРНОГО КОНТРОЛЮ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИМ БАКТЕРИЦИДНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ**

*В роботі представлені матеріали про сучасні технічні засоби знезараження бактерицидними ультрафіолетовими променями повітря та поверхонь об'єктів ветеринарно-санітарного контролю. Для ефективної екологічної санації повітря і різноманітних поверхонь об'єктів тваринництва та харчопереробних підприємств необхідно використовувати об'єднані в бактерицидні установки випромінювачі відкритого та закритого типів з амальгамними безозонними бактерицидними ультрафіолетовими лампами низького тиску при руйнуванні яких не відбувається забруднення зовнішнього середовища шкідливими сполуками ртуті. Застосування вищевказаних бактерицидних установок дозволяє проводити санацію повітря та поверхонь ультрафіолетовими променями протягом всього технологічного процесу в присутності людей і тварин.*

**Ключові слова:** Ультрафіолетове бактерицидне випромінювання, ультрафіолетові бактерицидні лампи, бактерицидні випромінювачі, ультрафіолетові бактерицидні установки, об'єкти ветеринарно-санітарного контролю, санація повітряного середовища та поверхонь.

УДК 619:614.7:613.165

**Висоцький А. А.**, к.вет.н., доцент, **Вороняк В. В.**, к.вет.н., доцент

*Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С. С. Гжицкого, Львов, Украина*

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА И ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНОГО КОНТРОЛЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ БАКТЕРИЦИДНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

*В работе представлены материалы о современных технических средствах обеззараживания бактерицидными ультрафиолетовыми лучами воздуха и поверхностей объектов ветеринарно-санитарного контроля. Для эффективной экологической санации воздуха и различных поверхностей объектов животноводства и пищеперерабатывающих предприятий необходимо использовать комбинированные бактерицидные установки состоящие из излучателей открытого и закрытого типов с амальгамными безозонными бактерицидными ультрафиолетовыми лампами низкого давления при разрушении которых не происходит загрязнения внешней среды вредными соединениями ртути. Применение вышеуказанных бактерицидных установок позволяет проводить санацию воздуха и поверхностей ультрафиолетовыми лучами в течение всего технологического процесса в присутствии людей и животных.*

**Ключевые слова:** Ультрафиолетовое бактерицидное излучение, ультрафиолетовые бактерицидные лампы, бактерицидные излучатели, ультрафиолетовые бактерицидные установки, объекты ветеринарно-санитарного контроля, санация воздушной среды и поверхностей.

UDC 619:614.7:613.165

**Vysotsky, A. O.**, candidate of veterinary sciences, docent,

**Voronyak V. V.**, candidate of veterinary sciences, docent

*Lviv national University of veterinary medicine and biotechnologies named after  
S. Z. Gzhytskyj, Lviv, Ukraine*

### **TECHNICAL MEANS FOR DECONTAMINATION OF AIR AND SURFACES OF OBJECTS OF VETERINARY-SANITARY CONTROL OF BACTERICIDAL ULTRAVIOLET RADIATION**

*The paper presents the materials of modern technical means of disinfection germicidal ultraviolet light air and surface of objects of veterinary-sanitary control. For effective ecological rehabilitation of the air and surfaces of livestock facilities and food processing enterprises it is necessary to use a bactericidal / install radiators open and closed types with amalgamate bessonnny bactericidal UV lamps low-pressure with destruction which occurs pollution of the external environment of harmful mercury compounds. The use of the above bactericidal systems allows for the sanation of air and surfaces by UV rays during the whole technological process in the presence of people and animals.*

**Key words:** Ultraviolet radiation, ultraviolet germicidal lamp, germicidal lamps UV germicidal installation, the objects of veterinary-sanitary inspection, sanitization of air and surfaces.

В світовій практиці визнано, що ультрафіолетове (УФ) бактерицидне випромінювання поряд з хімічними дезінфектантами, є дієвим профілактичним санітарно-епідеміологічним та епізоотичним засобом, що подавляє життєздатність мікроорганізмів у повітряному та водному середовищах [1, 19, 20, 23, 25].

В умовах виробництва тваринницької продукції (господарства, ферми, комплекси) УФ бактерицидне випромінювання ефективно при низькій (кімнатній) температурі повітря і не впливає шкідливо на оброблювані об'єкти (що відповідає вимогам екологічної безпеки), володіє більшою продуктивністю на тлі меншої трудомісткості операцій при обробці, не вимагає особливих спеціальних заходів захисту, його застосування призводить до значної економії хімічних дезінфекційних засобів [2, 6, 7, 8, 10, 13, 17]. При раціональному застосуванні УФ-випромінювання не впливає негативно на органолептичні (колір, запах, смак, консистенція, зовнішній вигляд) і фізико-хімічні властивості продуктів і сировини тваринного походження [4, 9, 11, 12, 14].

Поява штучних джерел ультрафіолетового випромінювання дала можливість вирішити питання бактерицидного знезараження повітря, поверхонь в умовах виробництва та переробки тваринницької продукції, оскільки вони створюють більш концентровані рівні випромінювання, порівняно з тими, що є в звичайному сонячному світлі. В наш час розроблені різні за будовою та конструкцією джерела, пристрої та системи знезараження повітря бактерицидним УФ-випромінюванням [16].

Джерела ультрафіолетового бактерицидного випромінювання. В якості джерел ультрафіолетових променів використовуються розрядні лампи, у яких в процесі електричного розряду генерується випромінювання, що містить у своєму

складі діапазон довжин хвиль 205-315 нм (інша область спектра випромінювання відіграє другорядну роль). До таких ламп відносяться ртутні лампи низького та високого тиску, а також ксенонові імпульсні лампи [2, 3, 7 10].

Ртутні лампи низького тиску (рис. 1) конструктивно і за електричними параметрами практично нічим не відрізняються від звичайних освітлювальних люмінесцентних ламп, за винятком того, що їх колба виконана зі спеціального кварцового або увіолевого скла з високим коефіцієнтом ультрафіолетового випромінювання (УФВ), на внутрішній поверхні якої не нанесено шар люмінофора. Ці лампи випускаються в широкому діапазоні потужностей від 8 до 115 Вт. Основна перевага ртутних ламп низького тиску полягає в тому, що більше 60 % випромінювання припадає на спектр з довжиною хвилі 254 нм, що лежить в області максимальної бактерицидної дії. Вони мають великий термін служби 5000–10000 год. і миттєву здатність до роботи після їх запалювання. [6, 7, 13].

Амальгамні бактерицидні лампи низького тиску (рис. 2). За амальгамної технології в лампу додають тверду амальгаму, в якій міститься



Рис. 2. Амальгамні бактерицидні лампи низького тиску: а – АНБ 170; б – АНЦ 300/144 – ПЗ-3

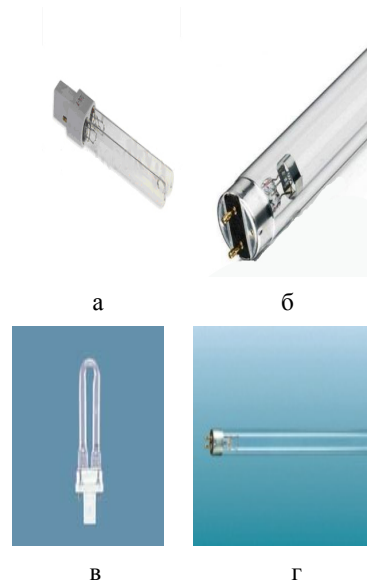


Рис. 1. Бактерицидні ртутні лампи низького тиску: а – ДКБ-7-1; б – TUV 75W G13 PILIPS; в – HNS; г – PILIPS TUV 15 W

невелика кількість ртуті. В амальгамі міститься дуже мало ртуті, а основу складають інші метали: срібло, мідь та ін. При нагріванні до температури вище 60° С, під час роботи лампи, амальгама руйнується і з неї виділяються пари ртуті. Цих парів ртуті небагато, але цілком достатньо для нормальної роботи лампи. Після

відключення лампи ртуть «повертається» в амальгаму. У холодних непрацюючих лампах ртуть знаходиться в зв'язаному стані. У випадку руйнування енергозберігаючої лампи акуратне прибирання осколків та промивання водою місця є достатнім – ртуть в малих кількостях не створює значну небезпеку зовнішньому середовищу. У гіршому випадку, при руйнуванні працюючої лампи, пари ртуті потраплять в повітря, і при вдиханні можуть потрапити в організм людини та тварини. Загалом бактерицидні ультрафіолетові лампи, виготовлені за амальгамної технології, є менш шкідливими. Випромінювачі та системи обладнані бактерицидними УФ лампами низького тиску здатні знезаражувати значні за розмірами площі поверхонь та об'єми повітря [ 7, 19, 25].

Колба ртутно-кварцових ламп високого тиску (рис. 3) виконана також з кварцового скла.

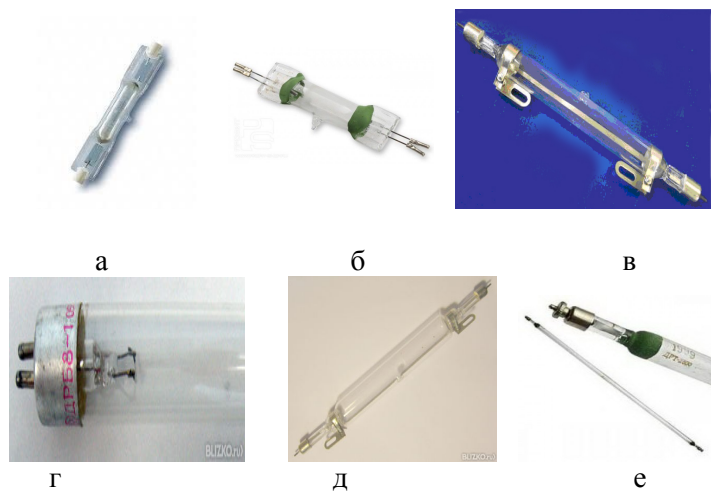


Рис. 3. Бактерицидні лампи високого тиску: а – Осрам Ультрамед; б – ДРТ-125-1; в – ДРТ-400 (ПРК-2); г – ДРБ-8-1; д – ДРТ-1000 (ПРК-7); е – ДРТ-2500.

Перевага цих ламп полягає в тому, що вони мають при невеликих габаритах значну потужність – від 100 до 1000 Вт, що дозволяє зменшити число ламп в приміщенні, але мають низьку бактерицидну віддачу з малим терміном служби (500–1000 год.). Крім того, нормальний режим горіння настає через 5–10 хвилин після їх запалювання. Істотним недоліком безперервних випромінювальних ламп є наявність ризику забруднення парами ртуті навколишнього середовища при руйнуванні лампи. У разі порушення цілісності бактерицидних ламп і попадання ртуті в приміщення повинна бути проведена ретельна демеркуризація забрудненого приміщення [3, 7, 10, 17, 21].

В останні роки інтерес до УФВ обумовлений появою нового покоління короткоімпульсних випромінювачів, що володіють набагато більшою біоцидною активністю. Принцип їх дії ґрунтується на високоінтенсивному імпульсному опроміненні повітря і поверхонь УФВ бактерицидного спектру. Імпульсне УФВ отримують за допомогою ксенонових ламп, а також за допомогою лазерів. Дані про відміну біоцидної дії імпульсного УФВ від традиційного УФВ на сьогоднішній день відсутні.

Перевага ксенонових імпульсних ламп обумовлена більш високою бактерицидною активністю і меншим часом експозиції. Перевагою ксенонових ламп є також те, що при випадковому їх руйнуванні навколишнє середовище не забруднюється парами ртуті. Основними недоліками цих ламп, що стримують їх широке застосування, є необхідність використання для їх роботи високовольтної, складної і дорогої апаратури, а також обмежений ресурс випромінювача (в середньому 1–1,5 роки) [8, 18, 20].

Бактерицидні лампи поділяються на озонні і безозонні. У озонних ламп в спектрі випромінювання присутня спектральна лінія з довжиною хвилі 185 нм, яка в результаті взаємодії з молекулами кисню утворює озон в повітряному середовищі. Високі концентрації озону можуть мати несприятливий вплив на здоров'я людей. Використання цих ламп вимагає контролю вмісту озону в повітряному середовищі та ретельного провітрювання приміщення. Для виключення можливості генерації озону використовують бактерицидні безозонні лампи. У таких лампах за рахунок виготовлення колби із спеціального матеріалу

(кварцове скло з покриттям) або її конструкції виключається вихід випромінювання лінії з довжиною хвилі 185 нм [5].

Бактерицидні лампи, що прогоріли термін служби або вийшли з ладу, повинні зберігатися запакованими в окремому приміщенні і вимагають спеціальної утилізації згідно з вимогами відповідних нормативних документів [3].

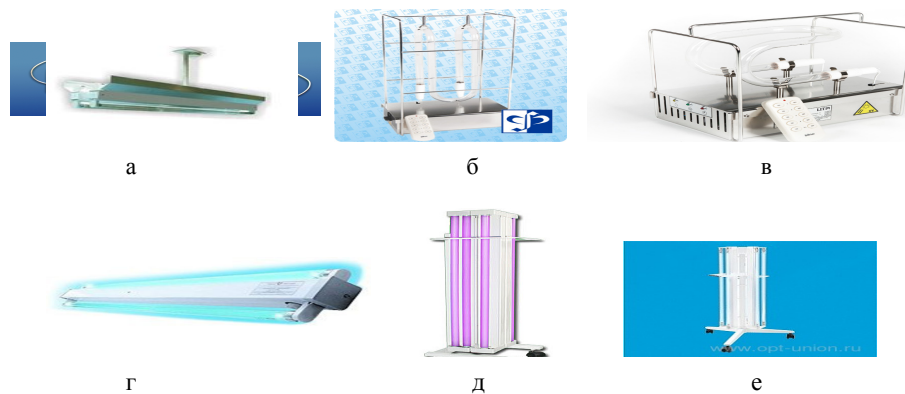


Рис. 4. Бактерицидні випромінювачі відкритого типу:  
а – ЛБК-150; б – Светолит-90; в – Светолит-50; г ОBN-150 МП; д – ОBNП 2 (2х30)

Бактерицидні випромінювачі. З метою більш раціонального використання на практиці бактерицидних ламп, вони встановлюються в бактерицидні випромінювачі. Бактерицидний випромінювач – це електротехнічний пристрій, в якому розміщені: бактерицидна лампа, відбивач та інші допоміжні елементи, а також пристосування для його кріплення. Бактерицидні випромінювачі перерозподіляють потік випромінювання в навколишній простір у заданому напрямку і поділяються на дві групи - відкриті і закриті. Відкриті випромінювачі (рис. 4) використовують прямий бактерицидний потік від ламп і відбивача (або без нього), який охоплює широку зону простору навколо них. Встановлюються на стелі або стіні [ 10, 24, 25].

Випромінювачі, які встановлюються в дверних (віконних) отворах, називаються бар'єрними (щілинними) випромінювачами або ультрафіолетовими завісами, у яких бактерицидний потік розподіляється у невеликому куті (рис. 5 ).

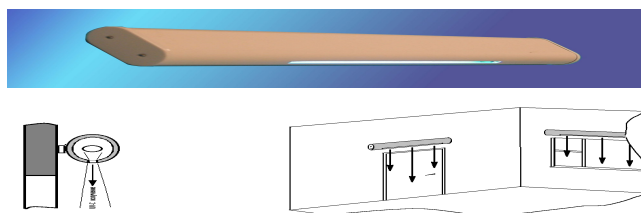


Рис. 5. Бактерицидний випромінювач ОBN-Щ

Деякі моделі випромінювачів забезпечені спеціальними захисними екранами з можливістю повороту (рис. 6.). У цих випромінювачів, за рахунок поворотного екрану, бактерицидний потік від ламп можна направляти у верхню або

нижню зону простору, при цьому в приміщенні можуть короткочасно знаходитися люди та тварини. Проте ефективність таких пристроїв значно нижча з-за зміни довжини хвилі при відбитті й деяких інших факторів.

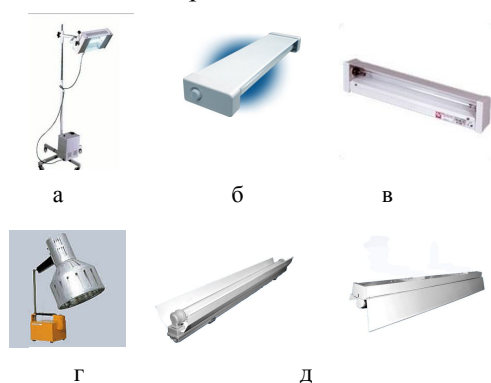


Рис. 6. Екрановані бактерицидні випромінювачі:

а – ртутно-кварцовий ОРК-021М на штативі; б – ОБН-35; в – ОББ1-15; г – КД-3-3Л; д – ОБН

невеликому обмеженому замкнутому просторі і не має виходу назовні, при цьому знезараження повітря здійснюється в процесі його прокачування через вентиляційні отвори рециркулятора.

При застосуванні припливно-витяжної вентиляції бактерицидні лампи розміщуються у вихідній камері. Швидкість повітряного потоку забезпечується або природною конвекцією, або примусово за допомогою вентилятора. Випромінювачі закритого типу (рециркулятори) повинні розміщуватися в приміщенні на стінах по ходу основних потоків повітря (зокрема, поблизу опалювальних приладів) на висоті не менше 2 м від підлоги.



Рис. 7. ОБН-300К

Також існують моделі комбінованих випромінювачів-рециркуляторів. У закритому вигляді вони працюють як звичайні рециркулятори для знезараження повітря, а при відкритій кришці можуть бути використані для знезараження поверхонь, працюючи у відсутності людей (рис 9).

Згідно з переліком типових приміщень, розбитих за категоріями, рекомендується приміщення І (операційні, передопераційні відділення ветеринарних клінік, родильні приміщення, манеж цеху штучного осіменіння тваринницьких підприємств, цехи з виробництва харчових продуктів переробних підприємств) та ІІ категорій (ветеринарна вірусологічна та бактеріологічна лабораторія, приміщення фасування готових продуктів, які швидко псуються, харчопереробних підприємств) обладнати як закритими випромінювачами (або



припливно-витяжною вентиляцією), так і відкритими або комбінованими – за їх увімкнення при відсутності людей [ 11, 12, 13, 17, 18, 19, 20].



Рис. 8. Бактерицидні випромінювачі-рециркулятори: а – Сибест; б – Дезар-20; в – ОБРН-2х15; г – Мегалит-16; д – Аеролит – 200; е – Аеролит – 400; ж – Аеролит – 3000; з – випромінювачі для УФ знезараження на конвеєрних лініях.

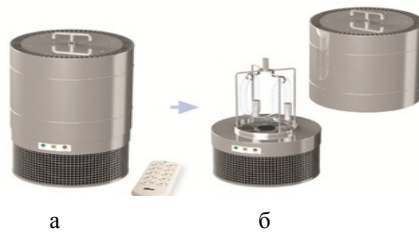


Рис. 9. Переносний комбінований бактерицидний випромінювач «Светолит Аеро» в якості: а – рециркулятора;



Рис. 10. Бактерицидний модуль припливно-витяжної вентиляції МЕГАЛИТ-2

Бактерицидні установки. Під бактерицидною установкою розуміється група бактерицидних випромінювачів або припливно-витяжна вентиляція з бактерицидними лампами (рис. 10), розташована в приміщенні для забезпечення заданого рівня бактерицидної ефективності відповідно до медико-технічного завдання на проектування бактерицидної установки. Бактерицидні установки для знезараження повітря в приміщенні можуть включати в себе:

- групу відкритих (комбінованих) випромінювачів;
- групу закритих випромінювачів;
- припливно-витяжну вентиляцію з бактерицидними лампами у вихідній камері;
- групу відкритих (комбінованих) і закритих випромінювачів;
- групу відкритих (комбінованих) випромінювачів і припливно-витяжну вентиляцію з бактерицидними лампами у вихідній камері;

- групу закритих випромінювачів і припливно-витяжну вентиляцію з бактерицидними лампами у вихідній камері.

Знезараження приміщень за допомогою бактерицидних випромінювачів супроводжується досить високим енергоспоживанням [ 2,15, 22, 23].

**Висновки.** 1. Таким чином, у ветеринарній медицині для профілактики та лікування порушень обміну речовин, запальних процесів, захворювань шкіри та ін. використовують ультрафіолетові (УФ) лампи високого тиску (кварцові), які генерують широкий спектр ультрафіолетових променів. В недавньому минулому вище вказані лампи використовувались також і для санації повітряного середовища, але для більш ефективного знезараження повітря та поверхонь об'єктів ветсаннагляду бажано використовувати безозонні амальгамні ультрафіолетові лампи низького тиску, які характеризуються високою потужністю та бактерицидним потоком з невеликим вмістом сполук ртуті, які при руйнуванні вимкнутої холодної лампи не шкідливі для зовнішнього середовища.

2. Вищевказані штучні УФ джерела необхідно застосовувати в закритих випромінювачах (рециркуляторах) або в вентиляційних камерах, де необмежений час може відбуватися знезараження, відфільтрованого від пилу, повітря без шкоди для присутніх в приміщенні людей і тварин. За використання відкритих екранованих УФ випромінювачів люди та тварини можуть перебувати в приміщенні обмежений час за умови, що пряме УФ проміння не попадатиме на них. Найвищу бактерицидну ефективність мають випромінювачі відкритого типу, але їх використовують тільки за відсутності людей та тварин.

3. Найкращими технічними та економічними характеристиками щодо бактерицидного УФ опромінення значних об'ємів повітря та великих площ поверхонь забезпечені бактерицидні УФ установки у складі яких можна за потребою використовувати у відповідній комбінації та кількості лампи і випромінювачі різних типів та конструкцій.

#### Література

1. Антонченко В. Я. Основы физики воды / В. Я. Антонченко, А. С. Давыдов, В. В. Ильин // – Киев. Изд-во Наук. Думка. 1991. – 672 с.
2. Бактерицидные установки для медицины на основе плазменных источников УФ-излучения и озона / А. Т. Рахимов, В. Ю. Гусев, Г. Б. Рулёв [и др.] // Конверсия. – 1993. – № 6. – С 41–43.
3. Белявский М. П. Методика контроля потока излучения бактерицидных ламп в процессе их эксплуатации [Текст] / М. П. Белявский, А. Л. Вассерман, П. В. Рубинштейн // Светотехника. – 2001. – № 1. – С. 6–8.
4. Бутко М. П. Опыт применения УФ-излучения в ветеринарной практике / М. П. Бутко, В. С. Тиганов, И. Г. Серёгин // Проблемы ветеринарной санитарии и экологии: Сб. науч. тр. ВНИИВСГЭ. – М.: ВНИИВСГЭ, 2002. – Т. 112. – С. 109–131.
5. Вассерман А. Л. Сравнительные характеристики бактерицидных облучателей с ксеноновыми импульсными лампами и с ртутными лампами НД / А. Л. Вассерман // Светотехника. – 2011. – № 5. – С. 51–52.
6. Вассерман А. Л. Ультрафиолетовое излучение в профилактике инфекционных заболеваний / А. Л. Вассерман, М. Г. Шандала, В. Г. Юзбашев // Медицина. – Москва, 2003. – 208 с.
7. Вашков В. И. Средства и методы стерилизации, применяемые в медицине / В. И. Вашков. – М.: Медицина, 1973. – 700 с.
8. Гигиеническая оценка эффективности применения импульсных УФ-облучателей на железнодорожном транспорте / В. А. Полякова, Е. К. Гипп, С. Г. Шашковский [и др.] // Гигиена и санитария. – 2000. – № 2. – С. 20–21.



9. Дейного Г. П. Хранение охлажденного мяса с применением ультрафиолетовых лучей / Г. П. Дейного, Л. Я. Дейного // Холодильная техника. – 1993. – № 1.
10. Иваненко А. В. Применение УФ-бактерицидных излучений -современное и перспективное направление обеззараживания воздуха в закрытых помещениях, воды и сточных вод / А. В. Иваненко, В. И. Хизгияев, А. В. Мизгайлов // «Дезинфекция, дезинсекция, дератизация» Тез. докл. научно-практической конференция по гигиене, эпидемиологии и дезинфектологии. – М., 2006. – С. 133–134.
11. Использование УФ-излучения при хранении охлажденного мяса / И. Г. Серёгин, В. П. Шептулин, М. Ю. Стукарева [и др.] // Ветеринария. – 1992. – № 6. – С. 54–55.
12. Меньшикова З. Н. Использование биофизических методов для увеличения сроков хранения мяса / З. Н. Меньшикова, Т. В. Курмакаева // «Гигиена содержания и кормления животных – основа сохранения их здоровья и получения экологически чистой продукции» Всеросс. науч.-произв. конференция: Тез. докл. Орел ГАУ. – Орел, 2000. – С. 106–108.
13. Новиков Н. Н. Обеззараживание и чистота воздуха на предприятиях общественного питания и пищевой промышленности / Н. Н. Новиков, В. Д. Остапшин // Мед. картотека МИР. – 2003. – № 3. – С. 12–13.
14. Прокопенко А. А. Применение установки ИКУФ-3 в помещениях для выращивания цыплят / А. А. Прокопенко // Ветеринария. – 1997. – № 2. – С. 27–31.
15. Сарычев Г. С. К расчету бактерицидных установок / Г. С. Сарычев // Светотехника. – 2005. – № 1. – С. 62–63.
16. Семенов А. О. Ультрафіолетове випромінювання та оптичні властивості матеріалів в УФ-області / А. О. Семенов, А. Д. Кобишан, Н. В. Семенова // Сборник научных трудов SWorld. – 2014. – Т. 2, № 1. – С. 76–80.
17. Шандала М.Г. Гигиенические вопросы профилактического применения бактерицидного УФ-излучения / М. Г. Шандала // Гигиена и санитария. – 1998. – № 4. С. 40–42.
18. Fridman A. Decreasing operating room contamination of surfaces and air with pulsed xenon ultraviolet disinfection / A. Fridman, L. A. Bruno-Murtha, R. Osgood, J. McAllister // American Journal of Infection Control. – 2013. – Vol. 41 (6) – P. 36.
19. Gray N. F. Ultraviolet Disinfection / N. F. Gray // Microbiology of Waterborne Diseases (Second Edition). – 2014. – P. 617–630.
20. Keklik N. M. Microbial decontamination of food by ultraviolet (UV) and pulsed UV light / N. M. Keklik, K. Krishnamurthy, A. Demirci // Microbial decontamination in the food industry. – 2012. – P. 344–369.
21. Kowalski W. J. Airborne respiratory diseases and mechanical system for control of microbes / W. J. Kowalski, W. Bahnfleth // HPAC Engineering. – 1988. – Vol. 70 (7). – P. 34–38.
22. Kowalski W. J. Mathematical Modeling of UVGI for Air Disinfection / W. J. Kowalski, W. Bahnfleth, D. L. Witham [at al.] // Quantitative Microbiology 2. – 2000. – P. 34–38.
23. Lee B. Effects of installation location on performance and economics of in-duct ultraviolet germicidal irradiation systems for air disinfection / B. Lee, P. William P. Bahnfleth // Building and Environment. – 2013 – Vol. 67. – P. 193–201.
24. Semenov A. A. Bactericidal irradiators for ultraviolet disinfection of indoor air / A. A. Semenov, G. M. Kozhushko // European Applied Sciences. – 2013. – Vol. 1 (13). – P. 226–228.
25. Stephen B. Germicidal ultraviolet irradiation. Modern and effective methods to combat pathogenic microorganisms / B. Stephen, Jr. Martin, D. Chuck [at al.] // ASHRAE JOURNAL. – 2008 – Vol. 50 (8). – P. 18–20.

Стаття надійшла до редакції 12.10.2015